

Degradació de la vegetació psamòfila litoral de Mallorca

Thomas SCHMITT

Schmitt, T. 1994. Degradació de la vegetació psamòfila litoral de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37: 151-174. ISSN. 0212-260X. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

El massiu desenvolupament de la infraestructura turística en les zones costaneres de l'illa de Mallorca ha conduït a una paulatina destrucció i desgast del paisatge prísti. Han estat les costes arenoses i les seves dunes, amb ecosistemes molt especialitzats i sensibles, els qui s'han vist més afectats. Aquests espais vitals, que per naturalesa són escassos i només ocupen un 7% de la costa de Mallorca, han sofert una clara reducció de les seves àrees degut a les mesures urbanístiques promogudes pel turisme. La pressió urbanística i la permanent i creixent pressió dels visitants són les causes directes de la regressió dels ecosistemes dunars. Especialment, la permanent alta càrrega provocada per les trepitjades dels visitants ja han duit cap a múltiples lesions de la cobertura vegetal i, fins i tot, a canvis en la vegetació. A més a més es donen desplaçaments en els seus inventaris d'espècies i la ruderalització de les comunitats vegetals. Els ecosistemes dunars i de platges arenoses són típics elements representatius del paisatge de determinats espais naturals de Mallorca. Com a tals són mereixedors de protecció donat l'accelerat procés de degradació a què es troben subjectes. L'estudi fitosociològic que es presenta dona una visió sobre les comunitats vegetals psamòfiles de Mallorca. La representació de la composició florística i la posició sinsistemàtica de les comunitats és el primer pas per a la documentació i protecció dels llocs que encara existeixen però que estan progressivament en perill per mor de l'acció del turisme de masses. Es presenta un inventari i un cadastre de platges arenoses catalogades segons el grau de degradació de cada localitat. Aquest dictamen es basa tant en les dades obtingudes rera l'estudi de la vegetació com en les anàlisis detallades dels factors de càrrega existents, així com de la seva intensitat. A més a més, es donen dades sobre l'evolució dels canvis del paisatge i de la vegetació produïts durant els darrers 30 anys mitjançant les comparacions de fotografies aèries i el treball de camp.

Paraules claus: *ecosistema dunar, vegetació, turisme, degradació, Mallorca.*

DECAY OF THE PSAMMOPHIL VEGETATION OF THE MAJORCAN LITTORAL. The massive increase of touristic facilities in Mallorca since the nineteen sixties led to a considerable stress, destruction and consumption of the natural landscape, especially in the coastal areas. Particularly touched by these impacts are coastal dunes with their extremely specialized and sensitive ecosystems. Correspondingly, their habitats which naturally cover only 7% of the island's coastline experienced

a distinct decrease of the distribution area by touristic motivated urbanisation measurements. Beside this direct elimination the increasing visitor pressure leads more and more to an obvious degradation and an indirect removal of the vegetation cover. In consequence of damages, particularly caused by trampling, the natural morphological, floristic and physiognomic characteristics of many dune areas got lost. Sandbeach and dune ecosystems are typical and representative natural landscape elements on Mallorca with a high conservation value and a strong need of conservation. On the basis of detailed phytosociological investigations an overview on the psammophile plant communities on beaches and dunes of Majorca is given. In order to come to a comprehensive documentation and conservation of the present localities the recent distribution of the psammophile communities has been mapped and their floristic composition and syntaxonomy is revealed. Additionally, the degradation degree of each location is determined in this sand beach inventory. This evaluation is based on the results of phytosociological investigations, on the detailed analysis of given impact factors and intensities as well as on the analysis of air photos and field work which show the alterations in landscape and vegetation during the last 30 years.

Keywords: *dune ecosystems, vegetation, tourism, degradation, Mallorca.*

Auf Mallorca hat der massive Ausbau der touristischen Infrastruktur in den Küstengebieten der Insel zu erheblichen Belastungen, Zerstörungen und zum Verbrauch der natürlichen Landschaft geführt. Besonders betroffen hiervon sind die flachen Sandküsten und ihre Dünen mit hochspezialisierten, sensiblen Ökosystemen. Diese natürlicherweise seltenen, nur ca. 7% der Küstenlänge Mallorcas einnehmenden Lebensräume haben durch touristisch motivierte Urbanisationsmaßnahmen eine deutliche Verkleinerung ihrer Areale erfahren. Neben dieser direkten Beseitigung von Dünenökosystemen kommt es vor allem durch den stetig anwachsenden Besucherdruck zur erheblichen Degradierung der Vegetation. Insbesondere die permanent hohen Trittbelastungen haben vielfach bereits zu Verletzungen der Vegetationsdecke bis hin zur Veränderung der natürlichen Vegetationszonierung sowie zur Ruderalisierung der Pflanzengemeinschaften und zu Verschiebungen in ihrem Arteninventar geführt. Die Sandstrand- und Dünenökosysteme sind typische, für bestimmte Naturräume Mallorcas repräsentative Landschaftselemente und als solche hochgradig schutzwürdig und ihrer heutigen Situation schutzbedürftig. Anhand pflanzensoziologischer Untersuchungen wird ein Überblick über die psammophilen Pflanzengesellschaften Mallorca's gegeben. Die Darstellung der floristischen Zusammensetzung und synsystematischen Stellung der Gesellschaften ist ein erster Schritt zur Dokumentation und Sicherung der noch vorhandenen, durch die Auswirkungen des Massentourismus zunehmend gefährdeten Standorte. Weiterführend wird eine Inventarisierung und Erstellung eines Sandstrandkatasters, das den Degradationsgrad der einzelnen Standorte festlegt, vorgestellt. Diese Beurteilung erfolgte sowohl auf der Grundlage der vegetationskundlichen Untersuchungen, als auch auf detaillierten Analysen der vorhandenen Belastungsfaktoren und -intensitäten sowie der durch Luftbildvergleiche und Geländearbeit ermittelten Landschafts- und Vegetationsveränderungen der letzten 30 Jahre.

Schlüsselwörter: *Dünenökosysteme, Vegetation, Tourismus, Degradation, Mallorca*

Thomas SCHMITT, Geographisches Institut, Justus Liebig-Universität, Senckenbergstraße, 1 D-6300 Giessen.

Recepció del manuscrit, 29-jun-94. Revisió acceptada, 06-oct-94

Introducció

Durant les darreres dècades els ecosistemes costaners mundials han sofert una forta reducció i danys que sovint han conduït a la seva completa destrucció (Carter, 1988; Fabbri, 1990). Una causa essencial d'aquesta situació és la progressiva pressió turística sobre les regions costaneres. Malhauradament comptam amb nombrosos exemples que ens mostren aquest tipus de destrucció per tota la regió costanera mediterrània (McDowell *et al.*, 1993; Lozato-Giotart, 1990; Kulinat, 1991). Els paisatges dunars es veuen especialment afectats ja que el seu ecosistema, sensible i altament especialitzat, reacciona de forma molt feble davant qualsevol pertorbació. Les seves característiques morfològiques, florístiques i fisionòmiques poden ser destruïdes, en poc temps, per l'acció d'una pressió moderada.

L'illa de Mallorca és, com a moltes altres illes de la Mediterrània, una típica regió de vacances de platja amb una pronunciada temporada turística d'estiu. Enquestes entre els quasi 5 milions de turistes que visiten Mallorca demostren que per a un 80 % el Sol, la platja i la mar eren els criteris decisius en la seva elecció per estriar el lloc de vacances (IBATUR, 1991). Per tant, a l'illa, el turisme es concentra a les zones costaneres, sobre tot a les zones de platges d'arena. Per mor de l'elevada demanda turística, la urbanització ha destruït completament gran part de les platges arenoses i els sistemes dunars (p.e. platja de Palma-s'Arenal, platja d'Alcúdia). Platges arenoses que encara existeixen estan subjectes a una progressiva degradació

pel trànsit continu de visitants (p.e. Platja de Muro, Cala Agulla, s'Arenal de sa Ràpita). Les costes arenoses de Mallorca ocupen només un 7% d'un total de 555 km de línia de costa i són, per tant, un espai vital extremadament limitat. La protecció d'aquests ecosistemes específics té prioritat absoluta ja que l'efecte insular augmenta la predisposició de pertorbacions, per sí ja alta, i disminueix la capacitat de regeneració (McArthur i Wilson, 1967; Tébar *et al.*, 1991).

Un primer pas per a la protecció i l'eventual regeneració d'ecosistemes de platges arenoses i dunes que queden a Mallorca és elaborar un inventari detallat sobre les existències. També cal recollir les condicions particulars de cada localitat i la seva composició florística. Bolòs i Molinier (1958) donen una primera impressió sobre les comunitats vegetals psamòfiles però només estudien un nombre molt limitat de localitats; posteriorment Rivas-Martínez *et al.* (1992) descriuen noves associacions. Recentment dins d'un programa internacional per a l'estudi de la vegetació costanera mediterrània (Géhu *et al.*, 1987), es realitzen estudis intensius sobre la sinsistemàtica i sinecologia, que també estan en relació amb la creixent destrucció d'aquests ecosistemes en tota la conca mediterrània. Empès per aquests antecedents semblava necessari, també per a Mallorca, realitzar una revisió i classificació fitosociològica complementada i continuada. Partint d'aquesta base es poden començar estudis sobre la degradació i possible regeneració d'ecosistemes dunars. L'objecte d'aquest treball és el de presentar alguns aspectes diagnòstics so-

bre l'estat de conservació elaborant uns índex de degradació dels ecosistemes de platges arenoses i zones dunars de Mallorca.

Mètode

Per avaluar la situació actual de la vegetació es realitzaren anàlisis fitosociològiques, tant en comunitats vegetals relativament intactes com en comunitats clarament degradades. Aquesta forma d'actuar possibilitava la comparació de les comunitats degradades i de les fases de reducció a través del comportament d'espècies nitròfiles diferencials. El registre sintaxonòmic seguit ha estat el codi de nomenclatura fitosociològic proposat per Barkmann *et al.* (1986), on els estudis duits a terme serveixen de punt de referència per a la vegetació costanera mediterrània. Per a la nomenclatura de les espècies vegetals s'ha seguit Bolòs *et al.* (1990). L'anàlisi de les dades sobre la vegetació i la separació del conjunt de les unitats sintaxonòmiques s'efectuà mitjançant inventaris. Les comunitats vegetals que en la bibliografia encara no estan descrites, es consideren comunitats sense rang. No obstant, les existències degradades de vegetació s'anomenen en el text amb el terme neutral *formació* degut a la seva difusió local. Les unitats sintaxonòmiques separades es presenten resumides en dos inventaris sintètics. En ells es mostra la constància en classes relatives de presència per l'agrupament de més de cinc unitats mostrejades. En els casos, on per una unitat hi ha més de cinc mostreigs, la constància absoluta és veu reflectida.

En conjunt, durant els anys 1991 i 1992 es realitzaren 105 mos-treigs de vegetació a les comunitats psamòfiles de Mallorca tot seguint el mètode Braun-Blanquet. Les anàlisis transectals que es realitzaren en trams seleccionats de la platja són el següent pas per a la documentació de les zones de vegetació i per a la diferenciació ecològica de cada localitat. Les dades sobre la composició i el desplaçament de les espècies, obtingudes mitjançant transectes en les localitats representatives, serveixen per a realitzar l'anàlisi exacta que suposa la càrrega de trepitjades. A part del grau de cobertura, en percentatges d'espècies, també es determinà, dins d'un quadrat de prova d'1 m², el terme mig de la seva altura de creixement com a mesura de vitalitat. L'altura de creixement indicada correspon al valor aritmètic mig arrodonit de cinc mesures representatives de l'esglaó fèrtil i vegetatiu d'individus d'una espècie (Obergröb, 1984).

Vegetació de dunes i platges arenoses

Mallorca compta amb unes poques i relativament tranquil·les platges arenoses (p.e. platja d'es Trenc i s'Arenal de Na Borges). Malgrat les múltiples pressions a que es veuen sotmeses es poden estudiar bé les diferents comunitats vegetals d'aquests ecosistemes, així com la seva dinàmica natural. Aquests ecosistemes estan disposats, d'una forma característica, en una successió paral·lela a la costa. Segons les seves característiques fisionòmico-sinecològiques es poden agrupar en

- a més: en 2a: *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* I
 2b: *Anthemis maritima* 1
 4b: *Glaucium flavum* 2
 5a: *Valantia muralis* I, *Rubia peregrina* I, *Valerianella spec.* I
 5b: *Desmazeria marina* 2, *Urospermum dalechampii* 1, *Allium roseum* 1,
 Trifolium spec. 1, *Reseda lutea* 1, *Rumex bucephalophorus* 3,
 Lobularia maritima 3, *Plantago lagopus* 2
 6: *Cistus salviifolius* I, *Pinus halepensis* II, *Ononis reclinata* I

- 1 comunitat de *Cakile maritima*
- 2 *Eryngio maritimi-Elymetum farcti*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal
- 3 comunitat de *Pancratium maritimum* i *Eryngium maritimum*
- 4 *Medicago marinae*-*Ammophiletum arundinaceae*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal
- 5 *Loto cretici*-*Crucianelletum maritimae*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal
- 6 comunitat de *Teucrium dunense* i *Helichrysum stoechas*

localitat de mostreig

i nombre de mostreigs: Platja de Muro 13; S'Arenal de Na Borges 10; Platja d'es Trenc 6;
 S'Arenal d'en Casat 5; Platja de Can Cullerassa 4; Platja Son Bauló 3;
 Cala Agulla 3; Cala Mesquida 2; Platja d'es Caragol 2;
 S'Arenal de Son Real 2; Platja de Palma 1; S'Arenal d'Estanyol 1;
 Cala Mitjana 1; Platja d'es Dolç 1

A = característiques de l'associació; Ca = espècies característiques de la comunitat; DA = espècies diferencials de l'associació; O = característiques de l'ordre; K = característiques de la classe; Co = acompanyants
 xifres romanes = constància relatives
 xifres aràbigues = constància absoluta

cinc trams zonals. Aquesta classificació ve principalment determinada pel grau d'estabilitat de l'arena. L'anàlisi sistemàtica d'agrupament de la vegetació efectuada en les localitats representatives dugué a una separació de 12 comunitats vegetals (Taula 1 i 2), tot seguint Bolòs i Moliner (1958), Rivas-Martínez *et al.* (1992), Géhu (1986), Géhu *et al.* (1990) i Costa i Mansanet (1981). Aquestes comunitats vegetals es poden situar en cinc zones segons les seves pretensions ecològiques, i dins cada zona s'agrupen en unitats vegetals emparentades sociològicament:

1) Zona de preplatja sense vegetació, en part amb sedimentació a la zona de salpicadures i de vegetació d'un any.

- Comunitat amb *Cakile maritima*

2) Zona de dunes embrionàries amb fases inicials d'evolució de vegetació.

- Associació *Eryngio maritimi* - *Elymetum farcti*

- Comunitat amb *Pancratium maritimum* i *Eryngium maritimum*.

3) Zona de cadenes principals de dunes mòbils (dunes primàries).

- Associació *Medicago marinae* - *Ammophiletum arundinaceae*.

4) Zona de dunes semifixades (dunes secundàries) amb una abundant vegetació camèfita.

- Associació *Loto cretici* - *Crucianelletum maritimae*.

- Comunitat amb *Teucrium dunense* i *Helichrysum stoechas*.

- Associació *Teucrium dunense* - *Helianthemum caput-felici*.

- Associació *Teucrium dunense* - *Thymelaeetum velutinae*.

5) Zona de dunes fixades i fossilitzades (dunes terciàries) amb garriga de ginebró i clarianes de pins.

- Comunitat amb *Thymelaea velutina* i *Halimium halimifolium*

- Associació *Clematidi* - *Juniperetum lyciae*

- Associació *Rubio longifoliae* - *Juniperetum macrocarpae*

- Comunitat amb *Clematis flammula* i *Pinus halepensis*

Algunes de les esmentades associacions i comunitats es classifiquen en subunitats a través dels grups d'espècies diferencials. Així es pogué separar la formació ruderal-nitròfila en nombroses associacions que són indicis evidents d'una latent modificació de les àrees i que en combinació amb altres indicadors de càrrega (p. e. segellament i danys per trepitjades) permeten un judici sobre el grau de degradació.

En conjunt, els resultats fitosociològics de la vegetació psamòfila costanera de Mallorca, anàlisis transsectals incloses, es resumeixen sintèticament a la taula 3. En aquesta taula es reproduïx la separació natural en zones vegetals, condicionada per la successió, depenent de la intensitat minvant dels factors que limiten l'evolució de la vegetació amb la creixent proximitat de la mar (estabilitat de les dunes, influència de la sal, influència del vent, trasllat de l'arena, etc). Les comunitats característiques de la zona de salpicadures de Mallorca es troben molt disperses i desenvolupades de forma fragmentària. Això és degut, en general, a les condicions desfavorables per a la seva formació, com el poc desenvolupament

Taula 2. Taula sintètica de les associacions *Rosmarino-Ericion* i *Juniperion Lyciae*.
Table 2. Synthetic table of the *Rosmarino-Ericion*, *Juniperion lyciae* associations.

número de columnes	1	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b
nombre de mostreigs	3	6	7	3	10	3	6	2
número mitjà d'espècies	8,7	14,2	22,1	29,3	10,2	13,7	12,7	15
A ₁ Helianthemum caput-felis	3				I			
A ₂ Thymelaea velutina		V	V	2	II		IV	
Teucrium polium ssp. dunense	3	V	V	3	IV	1	III	1
Ca ₃ Halimium halimifolium		III	V	2			IV	
A ₄ Juniperus phoenicea ssp. lycia	2	III			V	3		
A ₅ Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa			II				V	2
DA Inula viscosa				3				1
Oryzopsis miliacea				3		2		
Sonchus oleraceus				3		2		
Sonchus asper				1				
Reichardia tingitana		I		3				
Reseda lutea				2				
Ruta angustifolia				2				
Solanum nigrum						2		2
Amaranthus deflexus						1		
Sonchus tenerrimus					I	1	I	2
Echium plantagineum								1
O,K _{1,3} Rosmarinus officinalis	2	III	V	2	II		V	
Erica multiflora	1	IV	V	2	III		V	
Cistus salviifolius	2	II	V	3	III		I	
Cistus clusii	2							
Dorycnium hirsutum		II	V	3			III	
Dorycnium pentaphyllum			V	2				
Cistus albidus				1	I			
Fumana thymifolia			II	1	I	1		
Cistus monspeliensis					I		I	
O,K _{4,5} Pistacia lentiscus			IV	3	V	3	V	2
Rubia peregrina ssp. longifolia		III	IV		III	2	V	2
Smilax aspera		III	V	3	I	1	V	2
Arbutus unedo					II			
Lonicera implexa			IV	3	I		I	1
Phillyrea angustifolia				1	I			
Ephedra fragilis	1				I			
Myrtus communis		I	II	2			I	1
Clematis cirrhosa								1
Asparagus acutifolius			III	3	I			1
Daphne gnidium			III	2				
Chamaerops humilis			I	1				
Co Ammophiletea-Arten								
Vulpia membranacea	1						I	
ssp. fasciculata								
Cutandia maritima		V					I	1
Crucianella maritima		IV	I				I	1
Eryngium maritimum		IV			I	1		
Medicago marina		III			I			
Euphorbia paralias		III						

	1	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b
<i>Sporobolus pungens</i>		I						1
<i>Pancreaticum maritimum</i>		I			I	2	I	
<i>Scrophularia canina</i> ssp. ramosissima		I						
<i>Ammophila arenaria</i> ssp. arundinacea					I	1		
<i>Elymus farctus</i>			I				IV	
<i>Matthiola sinuata</i>						2	II	1
<i>Helichrysum stoechas</i>	3	V	III	2	III	1	III	
<i>Ononis natrix</i> agg.	1	III						
<i>Pinus halepensis</i>		II	V	2	IV	2	V	2
<i>Aetheorhiza bulbosa</i>	1	IV			I	1	I	
<i>Anagallis arvensis</i>		III	III	2				
<i>Lotus creticus</i> ssp. cytisoides		III	III	3	I	2	V	2
<i>Schoenus nigricans</i>	1	I	II	1	I			
<i>Carex flacca</i>			III	2				
<i>Polygala rupestris</i>			III	1			I	
<i>Valantia muralis</i>			IV	2	I			
<i>Convolvulus altheoides</i>			II	3				
<i>Ononis reclinata</i>	1		III	1	II			
<i>Brachypodium retusum</i>			III	1				
<i>Ophrys speculum</i>			I	1				
<i>Medicago littoralis</i>	1		I	1	I			
<i>Scabiosa atropurpurea</i>		I	II	1				
<i>Asphodelus aestivus</i>			I	2				
<i>Lagurus ovatus</i>	1	I			I	3		2
<i>Hyoseris radiata</i>					I	2		
<i>Cakile maritima</i>						2		1
<i>Limonium spec.</i>		II			I			
<i>Blackstonia perfoliata</i>			IV		I			
<i>Cerastium spec.</i>					I		I	

- a més: en 1: *Orobancha ramosa* 1
2: *Rumex bucephalophorus* I, *Echium spec.* I, *Launaea cervicornis* I
3a: *Osyris alba* III, *Centaurium erythraea* III, *Viola arborescens* II, *Phagnalon rupestre* I, *Asparagus albus* I, *Festuca arundinacea* I, *Orchis coriophora* I, *Gladiolus illyricus* I, *Ophrys tenthredinifera* I
3b: *Clematis flammula* 1, *Euphorbia exigua* 1, *Plantago afra* 1, *Daucus carota* 1
4a: *Polygonum maritimum* I, *Lobularia maritima* I, *Senecio leucanthemifolius* I
4b: *Euphorbia terracina* 2, *Polycarpon tetraphyllum* 1
5a: *Silene cerastioides* I

- 1 *Teucrio dunense*-*Helianthemum caput-felcis*
- 2 *Teucrio dunense*-*Thymelaeetum velutinae*
- 3 comunitat de *Thymelaea velutina* i *Halimium halimifolium*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal
- 4 *Clematidi-Juniperetum lyciae*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal
- 5 *Rubio longifoliae-Juniperetum macrocarpae*
 - a) formació típica
 - b) formació ruderal

localitat de mostreig

i nombre de mostreigs: Platja de Muro 21; Platja d'es Trenc 7; S'Arenal d'en Casat 6; Cala Agulla 3; S'Arenal de Son Real 2; Platja Son Bauló 1; Cala Nao 1

lupament de les mares a la zona mediterrània (Doing, 1985) i la forta explotació antropogènica. D'aquesta manera es troben en gran part preplatges sense vegetació i de la línia de ressaca es passa a les primeres dunes embrionàries molt inestables. Estan compostes, com les següents, per arenes blanques molt permeables, dipositades de forma mòbil i pobre en humus, formant les dunes primàries. Ambdues zones estan caracteritzades pels processos de trasllat d'arenes i per tant per un alt grau d'inestabilitat, al qual s'adapten molt bé les espècies *Ammophila arenaria* ssp. *arundinaceae* i *Elymus farctus*. A les dunes secundàries semifixades y zones arenoses que es desenvolupen més cap a l'interior predominen els Camèfits (*Crucianella maritima*, *Teucrium dunense*, *Helichrysum stoechas* i *Thymelaea velutina*). La creixent estabilitat local i un cert enriquiment en matèria orgànica condiciona una major diversitat específica de les associacions, però encara en part amb una baixa cobertura vegetal. Tan sols en l'àmbit de les dunes fixades, on les arenes estan immobilitzades per la vegetació, s'arriba a un major grau de cobertura vegetal. Aquestes zones, a uns 150-200 m de la mar, estan caracteritzades per una espessa garriga de ginebró i pins, que paulatinament evolucionen cap a boscos oberts de pins amb un espès sotabosc d'espècies característiques d'Oleo-Ceratonion.

A part d'aquestes zones molt diverses i marcades per les dunes, existeixen a Mallorca altres successions de vegetació psamòfila prístina i properes a zones ben conservades, amb escassa divisió morfològica, estructural i floral. Es caracteritzen per la se-

dimentació d'abundant matèria orgànica al·luvial, sobre tot de *Posidonia oceanica*, per damunt de la línia de costa. Davant l'absència de la consolidació dels dipòsits de *Posidonia oceanica*, i per tant de les dunes morfodinàmiques recents, l'associació *Pancratium maritimum-Eryngium maritimum* passa directament a una associació rica en camèfits. Els cinturons dispersos i rics en camèfits no representen una peculiaritat local, sinó que en la Mediterrània occidental estan molt sovint encaixats entre associacions litorals, per un costat, i entre garriga o boscos per l'altre (Asensi i Díez, 1993; Géhu *et al.*, 1987). Però a Mallorca poseeixen una gran diversitat, que també es mostra en la riquesa específica, entre d'altres del tàxon endèmic de les Gimnèsies *Thymelaea velutina*.

Aspectes relatius als canvis del paisatge i de la vegetació

Durant el decurs del desenvolupament turístic dels darrers 30 anys les creixents influències antropogèniques sobre els fràgils ecosistemes psamòfils de Mallorca han tengut conseqüències negatives. Els canvis es manifesten en la geomorfologia del terreny i en la vegetació. L'augment del nombre de turistes, el consegüent foment d'urbanitzacions fins a la primera línia de costa i la creació de platges artificials i intensivament usades ha duit a la completa destrucció d'aquests ecosistemes a alguns trams de la costa (p.e. platja de Palma-s'Arenal, platja d'Alcúdia, Cala Millor).

A altres regions es dona una forta degradació de la vegetació, degradació que ve deguda principalment per:

lloc	preplatja sense vegetació zona de salpicadures	dunes embrionàries	dunes primàries	dunes secundàries superfícies planes d'arena	dunes terciàries dunes fossilitzades
comunitats vegetals	comunitat de <i>Cakile maritima</i>	<i>Eryngio-Elymetum</i>	<i>Medicago- Ammophiletum</i>	<i>Loto-Crucianelletum</i> comun. de <i>Teucrium dun.</i> i <i>Helichrysum stoechas</i> <i>Teucrio-Thymelaeetum</i>	<i>Clematidi-Juniperetum lyciae</i> <i>Rubio-Juniperetum macrocarpae</i> comun. de <i>Clematis flamm.</i> i <i>Pinus halepensis</i>
espècies característiques	<i>Cakile maritima</i>	<i>Elymus farctus</i> <i>Eryngium marit.</i>	<i>Ammophila arenaria</i> ssp. <i>arundinaceae</i> <i>Medicago marina</i>	<i>Crucianella maritima</i> <i>Teucrium dunense</i> <i>Helichrysum stoechas</i> <i>Thymelaea velutina</i>	<i>Juniperus phoen.</i> ssp. <i>lycia</i> <i>Juniperus oxyc.</i> ssp. <i>macrocarpa</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Pistacia lentiscus</i>
forma de vida dominant	teròfits	hemicriptòfits	hemicriptòfits	camèfits	nanofaneròfits
grau de cobertura	0-15%	20-40%	30-55%	30-65%	70-90%
nombre mig d'espècies	5	8	10	12	13
grau d'estabilitat	molt inestable	inestable	inestable	semifixat	fixat, estable
influència del vent	←				
influència de la sal	←				
trasllat de l'arena	←				
contingut de calç	←				
influència antropogènica	←				
dessecació de sòl	→		←		
producció de biomassa	→				
contingut d'humus	→				
→ creixent					

Taula 3. Visió esquematitzada del paisatge dunar, de les seves zones de vegetació i dels ecofactors importants a Mallorca.

Table 3. Schematic view of the dunes landscape, its vegetation zones and the important ecofactors in Mallorca.

- creació i aplanament d'arenals a la zona dunar retrògrada
- deteriorament i destrucció per mor del tràfic motoritzat
- pressió per trepitjades dels viants i banyistes
- dipòsits de fems i
- neteja de la platja amb màquines pesades que lleven el material dipositat per la mar

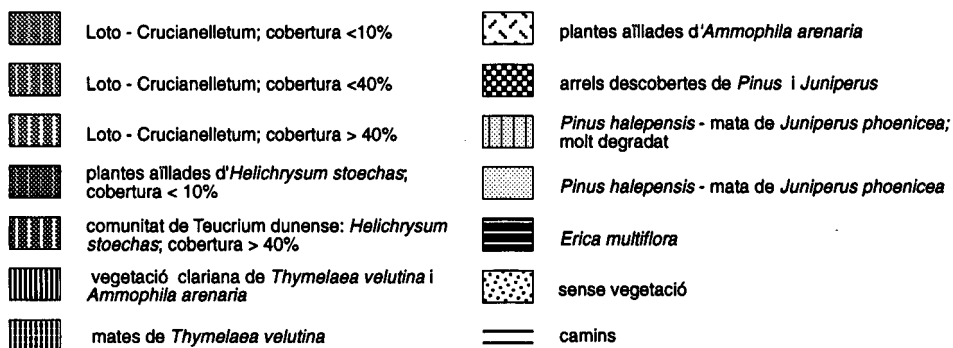
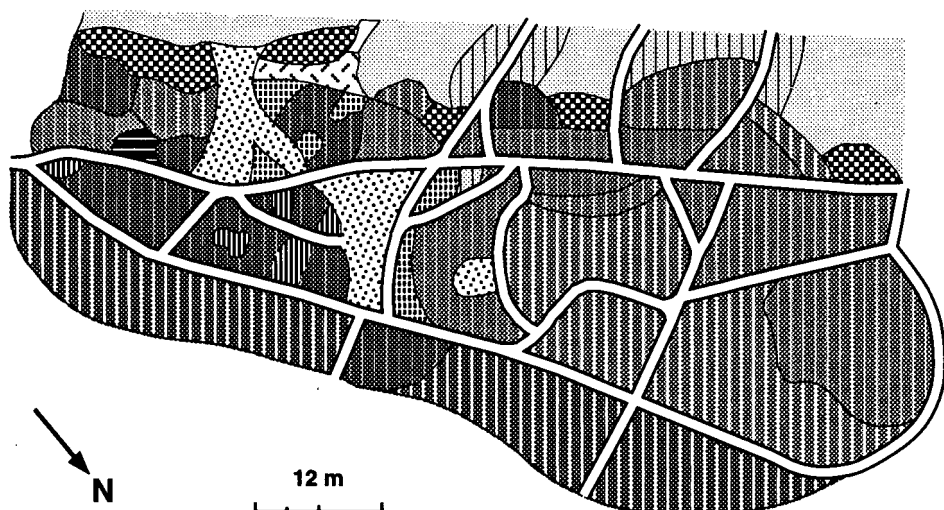
D'aquesta manera s'arriba primer a un directe deteriorament mecànic de la cobertura vegetal (v.g. per la càrrega de trepitjades). Però, a més, també es dona una alteració local com pugui ser la compactació del sòl, modificació de la quantitat de nutrients i d'aigua. Tots aquests factors condicionen una situació alterada de competència i per tant un desplaçament d'espècies. Conseqüentment es dona la desaparició de tàxons sensibles o la immigració de tàxons nitròfils externs i més resistents a les trepitjades. En general, hi ha una alteració de les zones de vegetació pristina, sobre tot per la forta càrrega de la proximitat de la mar. Entre aquestes destaquen la degradació i destrucció de la fitozonosi de la zona de salpicadures, dunes embrionàries i dunes primàries. En algunes zones el baix grau de cobertura vegetal condiciona una remobilització de les zones ja estabilitzades. Analitzant les dades obtingudes es demostra quines són les modificacions que s'han realitzat en algunes de les dunes costaneres de Mallorca.

a) Densitat de la xarxa de camins dins les dunes

Els camins i caminois com a estructura lineal d'obertura a les regions costaneres properes a la mar conduï-

xen inicialment a una lenta, però llavors ràpida i intensiva destrucció del paisatge dunar i de la seva cobertura vegetal característica. Al principi els camins són línies que distorben el normal desenvolupament de la vegetació. A partir d'aquí la degradació s'escampa de forma paral·lela al camí. L'expansió areal de la pertorbació és més ràpida quan més freqüentat és el camí, i per tant, més ràpidament es queda sense vegetació. Sovint els camins inestables s'abandonen totalment i paral·lelament es formen camins nous. Encara que els viants evitin el camí arenós, no hi ha cap garantia per a una regeneració d'aquests camins abandonats. Al contrari, hi ha el perill que les zones arenoses sense vegetació es junten gràcies als desplaçaments eòlics i que tapin i ofeguin els sistemes vegetals que hi ha entre elles. D'aquesta manera el sistema dunar es converteix en un mosaïc compost per illes amb vegetació envoltades per zones arenoses. Molts dels sistemes dunars mallorquins de les zones ocupades pel turisme de platja han arribat a aquest estat.

La fig. 1 ens mostra la intensitat de càrrega de trepitjades en un tram de la platja de Son Bauló a prop de Ca'n Picafort. Aquesta intensitat de càrrega es reflexa en els graus actuals de cobertura de la vegetació. L'associació Loto-Crucianellum que té un grau de cobertura de 50 fins a 65% en condicions relativament tranquil·les, sovint aquí només arriba a una cobertura de menys del 10%, per mor d'una freqüència de trepitjades massa forta. Una degradació qualitativa i quantitativa similar s'observa en la comunitat de *Teucrium dunense* i *Helichrysum stoechas*, que s'ha reduït a una presència



Croquis: T. Schmitt
CAM / Cartografia: B. Goecke (1994)

Fig. 1. Càrrega per mor de les trepitjades sobre la cobertura vegetal a la platja de Son Bauló.

Fig. 1. Loading caused by footprints on the vegetation cover in Son Bauló beach.

puntual de plantes aïllades d'*Helichrysum stoechas*. La destrucció de la cobertura vegetal és tan evolucionada que ja hi ha amples superfícies d'arena. En relació amb la remobilització de les arenes, a les zones dunars retògrades, s'arriba esporàdicament a una colònia d'*Elymus farctus*, una típica espècie pionera de les inestables zones predunars. La degradació de les associacions de garriga no es veu amb tanta claretat observant únicament el grau de cobertura, tal com ocorre a les fitosocietats obertes, sinó que hem de tenir en compte el grau de les lesions a les arrels i altres parts de la planta.

També a la Platja de Muro, considerada com a poc degradada, ja es pot veure clarament la repercussió dels camins sobre la vegetació (veure fig. 2). Les poques senderes existents a l'any 1966 s'han convertit fins a l'any 1990 en una intensiva xarxa de camins amb una longitud cinc vegades major que a l'any 1966; això ha duit directament o indirecta a una alteració considerable de l'estructura vegetal. Destaca la forta disminució areal de la garriga natural de ginebró, reemplaçada avui en dia per la garriga de Rosmari-no-Ericion. Els incendis s'han de considerar la causa principal d'aquest desplaçament (Martínez-Taberner, 1983), ja que han augmentat en freqüència i intensitat juntament amb el nombre de visitants. Les formacions més baixes i més obertes, amb un grau de desenvolupament menor, de les societats substituïdes és degut als incendis més recents. Partint de la xarxa de camins, a la Platja de Muro els processos de degradació es manifesten no tan sols en les clarianes i estructura del tipus de vegetació. Aquests processos de

degradació es reflexen en una modificació de la composició de les espècies, en l'altura de creixement, en el grau de cobertura d'algunes espècies i en la ruderalització d'associacions vegetals.

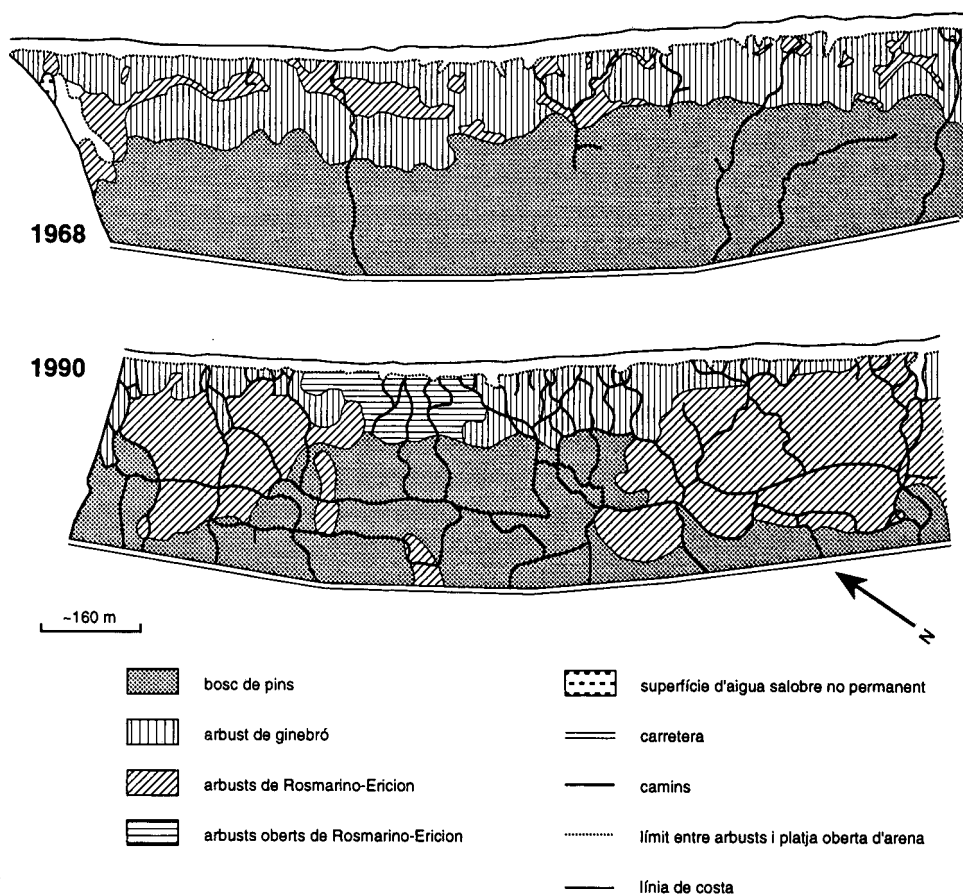
b) Desplaçament d'espècies a causa de la càrrega de trepitjades

La tolerància dels sistemes dunars en front de la càrrega mecànica és molt variable. Depèn prioritàriament de la composició de les espècies, de l'elasticitat específica de cada espècie i de les condicions mediambientals inicials (Carter, 1988). La reacció de la cobertura vegetal està en funció de la intensitat de la càrrega, és a dir de la seva freqüentació, força i concentració temporal. Una pressió creixent de visitants posa a les fitozonosis sota una creixent pressió mecànica i fisiològica, que du a alteracions en l'estructura i composició de la fitosocietat. Els diferents límits de tolerància de les espècies condueixen a una selecció. Així lleugeres lesions mecàniques, modificacions insignificants de les relacions edàfiques o del microclima són suficients per desplaçar les espècies menys adaptables. Aquesta pèrdua i al mateix temps el foment d'espècies més tolerants condicionen també una alteració de l'estructura de la comunitat. A part del nombre d'espècies com a criteri quantitatiu, la disposició estructural de la comunitat juntament amb la composició de les espècies són criteris qualitatius per a l'anàlisi de la força de la càrrega.

La majoria de les comunitats dunars de Mallorca tenen una escassa diversitat d'espècies. Però una limitada

càrrega de trepitjades contribueix a un cert augment de la diversitat (veure fig. 3). Aquest augment de la diversitat ve donat per la presència comuna d'espècies característiques i espècies invasores més tolerants a les trepitjades.

Com a causa per un més elevat nombre d'espècies tampoc s'ha de menyspreuar una millor disposició de nutrients en les pertorbacions inicials (Hylgaard, 1978 in Carter 1988). En les zones molt permeables, una càrrega a



Croquis: T. Schmitt
CAM / Cartografia: B. Goecke (1994)

Fig. 2. Xarxa viària i estructura de la vegetació a la Platja de Muro.
Fig. 2. Road network and vegetation structure in Platja de Muro.

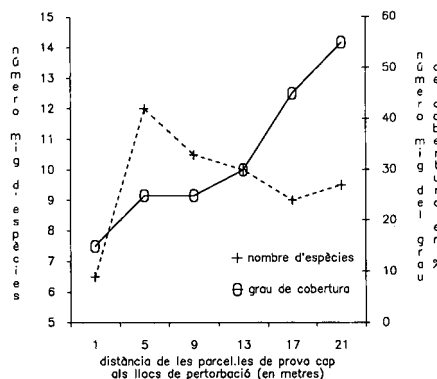


Fig. 3. Alteracions del nombre de mig d'espècies i del grau mig de cobertura de cinc anàlisis transectals.

Fig. 3. Alterations of the mean number of species and the mean level of covering of five transectal analysis.

llarg plaç condueix a un rentat més intens dels nutrients. Una creixent càrrega de trepitjades (com ho demostren els resultats de cinc mostres transectals) condueix a una disminució abrupta del nombre mig d'espècies i del grau mig de cobertura (fig. 3). De forma creixent pot convertir-se en una degradació progressiva fins arribar a una completa absència de vegetació. Aquestes superfícies sense vegetació poden ser nínxols per a la colonització d'espècies espontànies en les zones d'arenas mòbils (p.e. *Sporobolus pungens*, *Elymus farctus*, *Pancratium maritimum*), però sovint es queden sense vegetació i són punts d'atac d'erosió eòlica.

Unicament l'alteració del nombre d'espècies no és un indicador suficient de la càrrega de trepitjades, ja que aquesta es pot avaluar millor a través de la composició de les espècies i sobre tot a través del grau de cobertura i de l'altura de creixement de determinades espècies indicadores. Les

associacions i moltes de les seves espècies mostren clares modificacions en relació a la distància de la zona pertorbada i per tant a la intensitat de la càrrega. Especialment els arbusts baixos, característics de les dunes semifixades, reaccionen molt sensiblement a una càrrega mecànica elevada (fig. 4). Així, en les zones pertorbades tant *Crucianella maritima* com *Helichrysum stoechas* mostren pèrdues considerables en el grau de cobertura i en l'altura mitjana de creixement. En el cas de *Crucianella maritima* es registrà un retrocés del grau de cobertura de la parcel·la de prova de 21 m a la parcel·la d'1 m d'un 30% a un 5% i pel que fa l'altura mitjana de creixement de 35 cm a 5 cm. De forma molt semblant es comporten també altres camèfits com són *Teucrium dunense* o *Thymelaea velutina*. Especialment dins d'aquests trams de dunes, riques en camèfits i amb un grau més alt d'estabilitat, sovint es troben caminois paral·lels a la costa que provoquen considerables lesions a la vegetació. Les espècies més tolerants a les trepitjades, *Echium sabulicola* o *Aetheorhiza bulbosa*, presenten un comportament diferent (com ho demostren els resultats de la parcel·la de prova d'1 m). En efecte, també el seu creixement vertical està perjudicat per una pressió mecànica massa alta, però, no obstant, presenten un relativament elevat grau de cobertura (fig. 5). Amb la creixent distància a la zona pertorbada augmenta, una altra vegada, la seva altura mitjana de creixement. Al mateix temps, però, hi ha una disminució del grau de cobertura, provocat per la millor situació de competència per als camèfits. Fins i tot

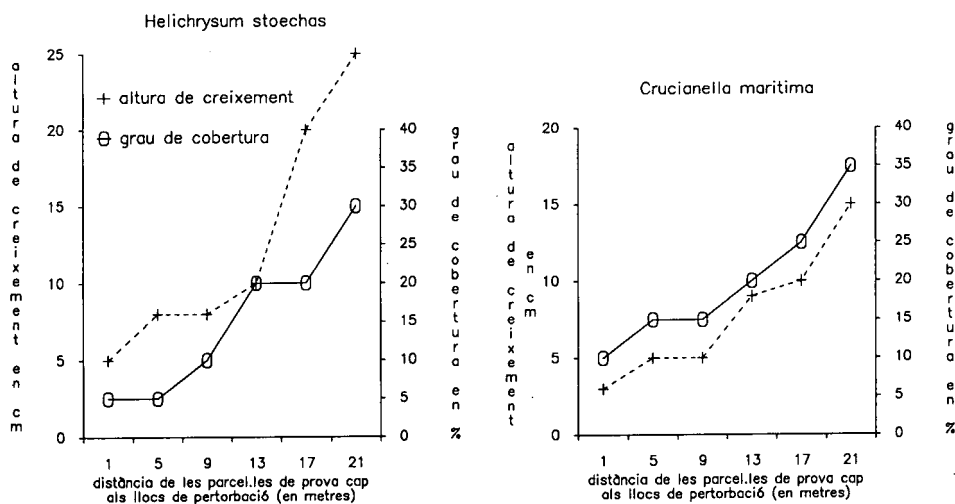


Fig. 4. Altura de creixement i grau cobertura de les espècies a les trepitjades.

Fig. 4. Growth height and covering level of the species from the footprinted aceas.

l'espècie ruderal al·lòctona *Echium sabulicola* falta completament dins les superfícies poc carregades degut a aquesta pressió de competència.

c) Ruderalització de societats vegetals

Un típic i extens fenomen de creixent càrrega antropogènica és, en moltes parts, l'eutrofització dels llocs amb les corresponents repercussions sobre la composició de les espècies. També a les platges de Mallorca hi ha, al llarg dels camins però també en mig de les dunes, una acumulació de deixalles i fems, en algunes parts àdhuc una concentració d'excrements. Això particularment condiona una disponibilitat incrementada de nitrogen per a les plantes, en relació amb els danys causats mecànicament a la

vegetació i, per tant, amb una creixent presència de substància orgànica inert. A platges molt freqüentades i prop d'urbanitzacions això es reflecteix en l'aparició de formacions ruderalitzades d'associacions en totes les zones dunars. Sinsistemàticament es poden diferenciar molt bé a través d'un conjunt d'espècies nitròfiles com són per exemple: *Bromus diandrus*, *Echium sabulicola*, *Oryzopsis miliaceae*, *Inula viscosa*, *Solanum nigrum*, *Sonchus oleraceus* i *Sonchus tenerrimus*, que a la bibliografia també són denominades espècies ruderals (Rita i Tébar, 1990). Els resultats són alteracions fitosociològiques en direcció a una vegetació nitròfila senyalitzada que, en certa manera, caracteritzen les associacions degradades i en fase de disgregació. La socialització d'aquests tipus de

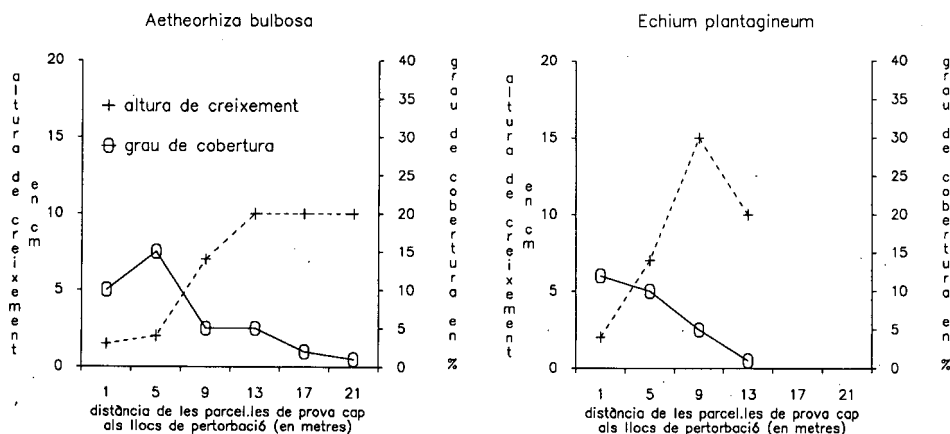


Fig. 5. Altura de creixement i grau de cobertura de les espècies que toleren les trepitjades.

Fig. 5. Growth height and covering level of those species tolerating the footprints.

vegetació ruderalitzada es veu en un transecte de la Platja de Muro (fig. 6). Aquest exemple està situat a prop de la urbanització i ve determinat per cada zona dunar que a nivell fisiomòrfic és clarament separable. Les espècies nitròfiles apareixen tant en les societats, caracteritzades per hemi-criptòfits i camèfits, de les dunes embrionàries, primàries i secundàries, com en les societats de les dunes terciàries marcades per faneròfits. Les espècies nitròfiles falten en les associacions de les zones tranquil·les o poc carregades. En general, les comunitats ruderals tenen un nombre mig més elevat d'espècies que no sofreixen tanta càrrega. Aquest fet segurament està relacionat de manera causal amb les condicions millorades de creixement d'aquestes àrees.

Grau de degradació de la vegetació psamòfila de la costa

Les càrregues sobre els ecosistemes situats prop de la platja i provocats pel turisme a Mallorca són de diversa índole. No obstant, a grans trets, es poden destriar dos grups:

1. Dins el paisatge la modificació planetjada i la dràstica destrucció dels ecosistemes naturals per mor de mesures urbanístiques són ben patents.

2. Alteracions paulatines (p.e. lesions per trepitjades, manifestacions eutròfiques) causades per activitats turístiques.

En general, es pot dir que hi ha una estreta relació entre el grau de colonització i el grau de degradació.

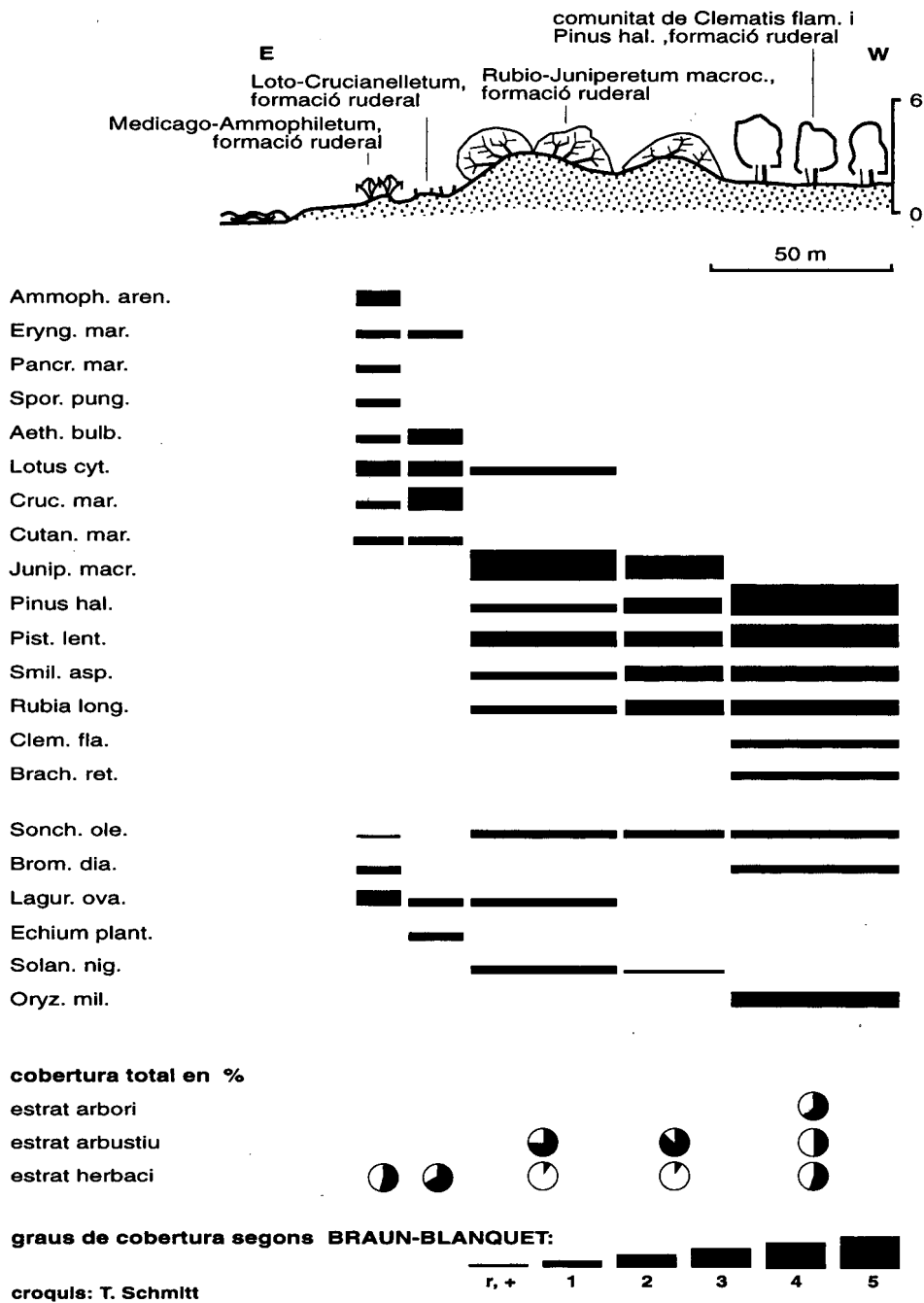


Fig. 6. Zones rudelitzades de vegetació a la Platja de Muro.
Fig. 6. Rudeal zones of vegetation in Platja de Muro.

Així, prop de les urbanitzacions, dels aparcaments i de les instal·lacions d'infraestructura (p.e. xiringuitos), augmenta la intensitat de la càrrega. Aquesta és ben visible en la densitat i amplada de la xarxa de camins i l'abundància de les lesions sobre la vegetació. Es significatiu que, en els casos de les zones menys carregades

de Mallorca, es tracti de platges perifèriques, allunyades de les concentracions turístiques i que en part no són accessibles pels cotxes.

El grau de degradació constatat a cada una de les zones amb vegetació psamòfila de la costa (fig. 7) és una base qualitativa, que conté les desviacions existents de l'estat natural inicial

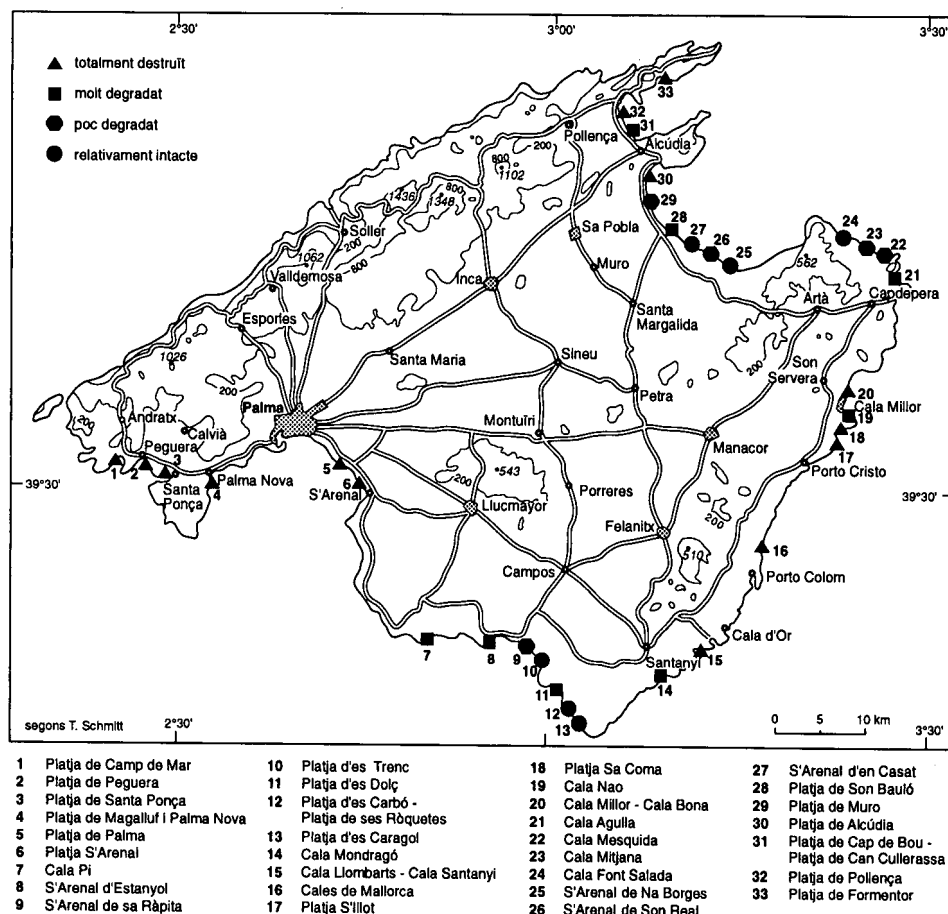


Fig. 7. Grau de degradació de la vegetació psamòfila de la costa.

Fig. 7. Degradation level of the coastal psammophil vegetation.

i, per tant, permet un judici comparatiu de la càrrega i del perill. La valoració i classificació en quatre categories d'estat, a través de les característiques definides qualitativament i descriptiu, són el resultat d'un nivell ordinal de classificació:

Completament destruït: grau elevat del segellament de la superfície; platja d'arena sense vegetació; només existeixen espècies psamòfiles aïllades.

Molt degradat: les zones naturals de vegetació ja no es reconeixen; l'espectre natural de les espècies s'ha desplaçat; les estructures morfològiques característiques estan destruïdes; la dinàmica natural s'ha alterat.

Poc degradat: manquen alguns membres de la zona natural de la vegetació, però aquesta encara es pot reconèixer; malgrat les lesions visibles a la vegetació encara es pot trobar l'inventari típic d'espècies.

Relativament intacte: apareixen pertorbacions locals de dimensions medianes i més fortes. Predominen les zones naturals de relleu i de vegetació com l'inventari típic d'espècies i d'associació.

Segons aquests criteris, de les 33 antigues zones amb vegetació psamòfila de les costes de Mallorca, 14 s'han de considerar completament destruïdes per mor de l'excessiva construcció i l'ús intensiu de la platja. Es trata, sobre tot, de les àrees dels grans centres turístics de l'illa, com p.e. Platja de Palma/Platja s'Arenal (núm. 5 i 6) - originalment un gran paisatge dunar del qual avui en dia ja no queda res - Platja de Magalluf i Palma Nova (núm. 4), Platja d'Alcúdia (núm. 30), Cala Millor (núm. 20) i algunes zones més

(fig. 7). Es consideren 13 zones degradades a causa de distintes i intenses càrregues, de les quals 8 estan molt degradades i 5 poc degradades. Els exemples típics per a les primeres són Cala Agulla (núm. 21), Platja de's Dolç (núm. 11) o la Platja de Son Bauló (núm. 28), amb un ús intensiu de la platja i amb les conseqüències relacionades amb lesions fortes de la cobertura vegetal i fases avançades de desintegració. Per a les zones poc degradades és representatiu el paisatge dunar de la Platja de Muro (núm. 29), que rep una limitació lateral i territorial per part dels centres turístics del Port d'Alcúdia i Ca'n Picafort. A part de les lesions visibles en la cobertura vegetal per mor de la càrrega de trepitjades, hi ha una alteració de la composició de les espècies, sobre tot a prop de les urbanitzacions (fig. 6). Especialment però a les biozones de la Platja de Muro li corresponen una elevada categoria de protecció, ja que només aquí apareixen algunes espècies vegetals exclusives de Mallorca o que aquí tenen el seu hàbitat principal (p.e. *Halimium halimifolium*, *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa*, *Thymelaea velutina*). Finalment, només 6 llocs es poden considerar com a relativament intactes, dels quals la Platja des Trenc (núm. 10) i S'Arenal de Na Borges (núm. 25) tenen una gran importància pels aspectes de protecció del paisatge, sobre tot pels seus sistemes dunars molt valuosos a nivell ecològic. Queda per anotar que es considera justificat classificar com a poc degradat algunes d'aquestes platges, com p.e. la Platja des Trenc, degut a l'existència de camins de trànsit rodar.

Conclusions

L'avançat grau de degradació de nombroses platges d'arena i dels seus sistemes dunars a Mallorca mostra que aquestes estan sotmeses a una molt forta reducció qualitativa i territorial degut al desenvolupament turístic ocorregut durant les tres darreres dècades. A partir dels anys 60, quan als Països Baixos va començar la investigació, s'han realitzat nombrosos estudis arreu del món, i descobert relacions entre la càrrega originada per l'increment dels processos d'antropomorfització i la qualitat dels sistemes dunars (Carter, 1988, Meulen *et al.*, 1989). Quasi al mateix temps es discuteix sobre la possibilitat de protegir aquests ecosistemes sensibles, protecció que ve determinada per l'anàlisi d'estat de conservació de cada zona.

Per a una protecció a llarg plaç de les zones costaneres poc alterades, però també per al futur desenvolupament turístic, és decisiu la creació d'una planificació viable. El contingut del concepte de planificació territorial ecològica, ha de dur de forma urgent, cap a una desconexió territorial entre els interessos turístics i la importància de la protecció de la naturalesa i del paisatge. La valoració del potencial de la protecció del paisatge ha demostrat que nombroses zones costaneres tenen un elevat o molt elevat valor de protecció del paisatge i al mateix temps estan carregades per un molt elevat potencial conflicte turístic (Schmitt, 1993). Per tant, el continu creixement salvatge del turisme ha de ser reemplaçat per una protecció metòdica dels trams costaners no explotats i en-

cara no construïts, el valor estètic dels quals representa un capital no menyspreable per part del turisme de Mallorca. En poques paraules, això significa que en determinades regions la conservació del paisatge i del potencial natural ha de ser prioritat absoluta sobre una continua construcció i ampliació de les infraestructures turístiques. Però no basta posar algunes zones sota una protecció com indica la Llei d'Espais Naturals aprovada l'any 1991 per impedir projectes d'urbanitzacions noves, sinó més bé s'han de prendre mesures preventives per disminuir la pressió de visitants. En les zones protegides de la Platja des Trenc (núm. 10) i de la Platja de Muro (núm. 29), la qual està integrada en el Parc Natural de s'Albufera, s'ha demostrat que malgrat la nova llei, segueixen actuant els mateixos factors de càrrega. Un catàleg de mesures per a les dunes i platges d'arena de Mallorca ha d'abarcàr els següents punts:

- Renúncia completa dels projectes de noves urbanitzacions i de l'ampliació de les instal·lacions d'infraestructres en les zones dels ecosistemes dunars en gran part intactes o amb poca degradació
- Prohibició restrictiva per a tot el tràfic motoritzat
- Reducció del nombre de visitants a través d'una selectiva conducció i reducció de les instal·lacions d'infraestructura (*xiringuitos*, quioscos, aparcaments, etc.).
- Cap retirada del material orgànic (*Posidonia*) depositats de forma natural sobre la platja.
- Desenvolupament de plans integrats de gestió que tinguin en

compte les relacions d'ecosistemes com p.e. envers a les diverses albuferes que estan més a l'interior.

Agraïments

L'autor agraeix a la *Deutsche Forschungsgemeinschaft* la generosa ajuda econòmica per realitzar els treballs a Mallorca. Gràcies també als meus companys de la Universitat de les Illes Balears, Macià Blàzquez (Dept. de Ciències de la Terra) i Joan Rita (Dept. de Biologia Ambiental) per la seva ajuda en l'organització i la seva disposició permanent de discussió.

Bibliografia

- Asensi, A. i Díez, B. 1993. Dry coastal ecosystems of southeastern and eastern Spain. In: Maarel, E. van der (ed.): Dry coastal ecosystems. Polar Regions and Europe. Ecosystems of the World 2A: 363-368.
- Barkman, J.J., Moravec, J. i Rauschert, S. 1986. Code of phytosociological nomenclature. *Vegetatio*, 67: 145-195.
- Bolòs, O. de i Molinier, R. 1958. Recherches phytosociologiques dans l'île de Majorque. *Collectanea Botanica*, 5: 699-865.
- Bolòs, O. de, Vigo, J., Masalles, R. i Ninot, J. 1990. Flora manual dels països catalans. Barcelona.
- Carter, R.W.G. 1988. Coastal Environments. Academic Press. London.
- Costa, M. i Mansanet, J. 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: La Dehesa de la Albufera de Valencia. Anales del Instituto Botanico A.J.Cavanilles, 37 (2): 277-299.
- Doing, H. (1985). Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. *Vegetatio*, 61: 65-75.
- Fabbri, P. (ed.) 1990. Recreational Uses of Coastal Areas. The GeoJournal Library 12. Dordrecht.
- Géhu, J.M. 1986. Qu'est-ce que l'*Agropyretum mediterraneum* Braun-Blanquet (1931) 1933? *Lazaroa*, 9: 343-345.
- Géhu, J.M., Biondi, E., Costa, M. i Géhu-Franck, J. 1987. Les systèmes végétaux des contacts sédimentaires terre/mer (dunes et vases salées) de l'Europe méditerranéenne. *Bulletin d'Ecologie* 18, (2): 189-199.
- Géhu, J.M., Costa, M. i Biondi, E. 1990. Les *Junipereta macrocarpae* sur sable. *Acta Botànica Malacitana*, 15: 303-309.
- IBATUR 1991. Resumen del plan de marketing turistico 1991-1993. Instituto Balear de Promocion del Turismo. Barcelona/Palma.
- Liddle, M.J. 1975. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation*, 7: 17-36.
- Lozato-Giotart, J.-P. 1990. Méditerranée et Tourisme. Paris.
- Kulinat, K. 1991. Fremdenverkehr in den Mittelmeerländern. *Geographische Rundschau*, 43 (7/8): 430-436.
- Martínez-Taberner, A. 1983. La franja dunar de la Badía d'Alcúdia (Mallorca). I. Estat actual de la maquia de *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. et Sm.) Ball. Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares, 27: 7-22.

- McArthur, R.H. i Wilson, E.O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton.
- McDowell, A.J., Carter, R.W.G. i Pollard, H.J. 1993. The impact of man on the shoreline environment of the Costa del Sol, Southern Spain. In: Wong, P.P.: Tourism vs Environment. The GeoJournal Library, 26: 189-209. Dordrecht.
- Meulen, F. van der, Jungerius, P.D. i Visser, J.H. (ed.) 1989. Perspectives in coastal dune management. Den Haag.
- Obergföll, F.J. 1984. Trittbelastung auf Halbtrockenrasen im Ballungsraum Stuttgart und Möglichkeiten der Renaturierung. *Dissertationes Botanicae*, 76. Vaduz.
- Rita, J. i Tébar, F.J. 1990. Estructura de la vegetación dunar de Menorca (Islas Baleares). *Studia Ecologica* 7: 33-48.
- Rivas-Martínez, S., Costa, M., Soriano, P., Pérez, R., Llorens, L. i Rosello, J.A. 1992. Datos sobre el paisaje vegetal de Mallorca e Ibiza (Islas Baleares, España). *Itinera Geobotanica*, 6: 5-98.
- Schmitt, T. 1993. Tourismus und Landschaftsschutz auf Mallorca. *Geographische Rundschau*, 45 (7/8): 459-467.
- Tébar, F.J., Rita, J. i Rodríguez-Perea, A. 1991. Environmental valuation state of conservation of the coastal dunes systems of Menorca (Balearic Islands, Spain). *Collection recherches*, 36: 417-420.